

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Second Semester Examination  
2013/2014 Academic Session

June 2014

**EEE 377 – DIGITAL COMMUNICATIONS**  
**[PERHUBUNGAN DIGIT]**

Duration : 3 hours  
Masa : 3 jam

---

Please check that this examination paper consists of **FIFTEEN (15)** pages and Appendix **SIX (6)** pages of printed material before you begin the examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **LIMA BELAS (15)** muka surat dan Lampiran **ENAM (6)** muka surat bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini]*

**Instructions:** This question paper consists **SIX (6)** questions. Answer **FIVE (5)** questions. All questions carry the same marks.

**[Arahan:** Kertas soalan ini mengandungi **ENAM (6)** soalan. Jawab **LIMA (5)** soalan. Semua soalan membawa jumlah markah yang sama]

Answer to any question must start on a new page.

*[Mulakan jawapan anda untuk setiap soalan pada muka surat yang baru]*

“In the event of any discrepancies, the English version shall be used”.

***[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai]***

1. A baseband communication system is designed with a baseband channel of 100 kHz bandwidth. The system requires that **AT LEAST** 95% of the transmitted signal's average power must be within the bandwidth of the channel. In the analysis of the design for the communication system, there are three different pulses considered i.e. the rectangular pulse, sinc-shaped pulse and raised cosine pulse.

*Satu sistem komunikasi jalur dasar direka untuk mempunyai saluran jalur dasar dengan lebar jalur 100 kHz. Sistem ini memerlukan **SEKURANG-KURANGNYA** 95% daripada kuasa purata isyarat yang dihantar mesti berada dalam jalur lebar saluran. Dalam analisa reka bentuk untuk sistem komunikasi, terdapat tiga denyutan yang berbeza dikaitkan seperti denyut segi empat tepat, denyut berbentuk sinc dan denyut kosinus dibesarkan.*

- (a) Analyze the system based on transmission rate ( $r_b$ ) parameter for each type of pulse produced. The pulse that produces the highest transmission rate should be chosen. Therefore, calculate the maximum transmission rate for

*Analisa sistem tersebut berdasarkan parameter kadar penghantaran ( $r_b$ ) yang setiap denyut boleh hasilkan. Denyut yang menghasilkan kadar penghantaran yang paling tinggi harus dipilih. Oleh itu, kira kadar penghantaran maksimum bagi*

- (i) Rectangular pulse.  
*Denyut segi empat tepat.*
- (ii) Sinc-shaped pulse.  
*Denyut berbentuk sinc.*
- (iii) Raised-cosine pulse for the suggested values of  $\alpha = 0.5$  and  $\alpha = 0.25$ .  
*Denyut kosinus dibesarkan bagi nilai dicadangkan  $\alpha = 0.5$  dan  $\alpha = 0.25$ .*  
(see Appendix B for the details of pulses);  
(lihat Lampiran B untuk maklumat terperinci denyut);

(70 marks/markah)

...3/-

- (a) Suppose the requirement is further stringent to have transmission rate above 150 kbit/s **AND** the system should be the least susceptible to timing jitter. Based on the calculated values in part (a) for transmission rates and pulse shapes used, analyze them and produce a conclusion for the most suitable pulse shape and value of transmission rate ( $r_b$ ) that satisfy the new requirement.

*Sekiranya keperluan adalah lebih ketat untuk mempunyai kadar penghantaran melebihi 150 kbit/s **DAN** sistem perlu menjadi yang terdedah kepada ketar masa. Berdasarkan nilai-nilai yang dikira dibahagian (a) untuk kadar penghantaran dan bentuk denyut digunakan, analisa dan hasilkan kesimpulan untuk bentuk denyuti yang paling sesuai dan nilai kadar penghantaran ( $r_b$ ) yang memenuhi keperluan baru.*

(30 marks/markah)

2. (a) You are asked to come out with a design for a Pulse Amplitude Modulation (PAM) optimum receiver. The general form of the PAM optimum receiver design is as shown in Figure 1 below. The processing function  $H(f)$  only happens within one bit period  $(i-1)T_b \leq t \leq iT_b$ .

*Anda diminta untuk menghasilkan satu reka bentuk untuk penerima PAM yang optima. Bentuk umum reka bentuk penerima optima PAM adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1 di bawah. Pemprosesan fungsi  $H(f)$  hanya berlaku dalam tempoh satu tempoh bit  $(i-1)T_b \leq t \leq iT_b$ .*

(80 marks/markah)

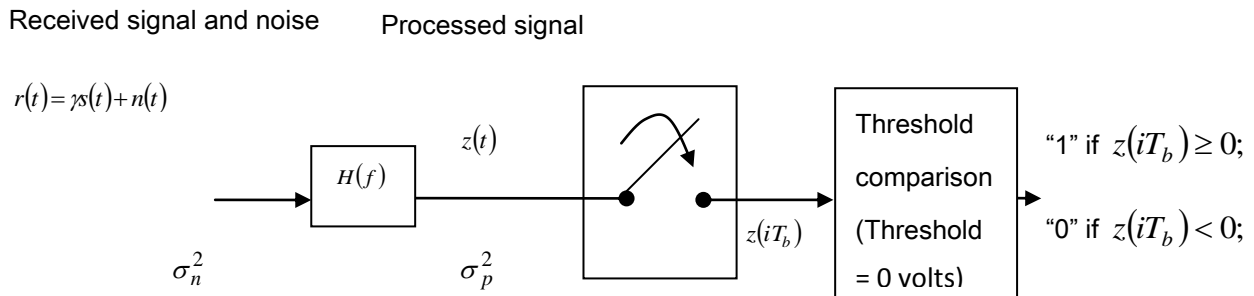


Figure 1: General form of the optimum receiver design  
Rajah 1: Bentuk umum reka bentuk penerima optimum

This design requires several steps where important parameters are to be derived. The parameter(s) will be used to analyze the performance of the designed receiver. The steps are as follows;

*Reka bentuk ini memerlukan beberapa langkah di mana parameter penting adalah yang akan diperolehi. Parameter-parameter akan digunakan untuk menganalisa prestasi penerima. Langkah-langkah adalah seperti berikut;*

- (i) Determine the expression for the processed signal  $z(t)$ .  
*Tentukan ungkapan isyarat diproses  $z(t)$ .*
- (ii) Based on the observation of the signal  $z(t)$  expression, comment on each of the following comparison;

*Bergantung kepada pemerhatian ungkapan isyarat  $z(t)$ , komen tentang perbandingan berikut;*

- Noise probability density function (pdf) of signal  $z(t)$  to the noise input to the receiver.
- *Fungsi ketumpatan kebarangkalian hingar (pdf) untuk isyarat  $z(t)$  dengan input hingar kepada penerima.*

- Average normalized power  $\sigma_p^2$  of signal  $z(t)$  to the noise input to the receiver.
- Kuasa normal purata  $\sigma_p^2$  untuk isyarat  $z(t)$  dengan input hingar kepada penerima.

(iii) It is well known that the probability of bit error that measures the performance of the receiver is given as;

*Seperti yang telah diketahui bahawa kebarangkalian ralat bit yang mengukur prestasi penerima adalah sebagai;*

$$P_b = Q\left(\frac{\text{sampled value of processed signal}}{\sqrt{\text{average normalized power of processed noise}}}\right)$$

Determine the sampled value of the processed signal  $z(iT_b)$ . Show that the argument of function Q above can be written as

*Tentukan nilai sampel isyarat diproses  $z(iT_b)$ . Tunjukkan bahawa hujah fungsi Q di atas boleh ditulis sebagai*

$$\frac{|y_s(iT_b) * h(iT_b)|^2}{\sigma_p^2}$$

Where the numerator is considered as the instantaneous power of the processed signal and the denominator is the average normalized power of the processed noise.

*Di mana pengangka adalah dianggap sebagai kuasa ketika isyarat diproses dan penyebut adalah kuasa normal purata hingar yang diproses.*

- (iv) Given that the average normalized power spectral density  $G_n(f)$  of the noise at the input of receiver as  $G_n(f) = \frac{N_o}{2}$  [Volts<sup>2</sup>/Hz] and

*Diberikan purata normal kuasa spektrum kepadatan  $G_n(f)$  hingar pada masukan penerima sebagai  $G_n(f) = \frac{N_o}{2}$  [Volts<sup>2</sup>/Hz] dan*

$$\gamma s(t) * h(t) = \gamma \mathcal{F}^{-1}\{S(f)H(f)\} = \gamma \int_{-\infty}^{\infty} S(f)H(f)e^{j2\pi ft} df$$

Show that the ratio

*Tunjukkan bahawa nisbah*

$$\frac{|\gamma s(iT_b) * h(iT_b)|^2}{\sigma_p^2} = \frac{\gamma^2 \left| \int_{-\infty}^{\infty} S(f)H(f)e^{j2\pi ft} df \right|^2}{\frac{N_o}{2} \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 df}$$

- (v) Given that Schwarz's inequality as

*Diberikan ketidaksamaan Schwarz sebagai*

$$\left| \int_{-\infty}^{\infty} f_1(x)f_2(x)dx \right|^2 \leq \int_{-\infty}^{\infty} |f_1(x)|^2 dx \int_{-\infty}^{\infty} |f_2(x)|^2 dx$$

Show that

*Tunjukkan bahawa*

$$\left\{ \frac{|\gamma s(iT_b) * h(iT_b)|^2}{\sigma_p^2} \right\}_{max} = \frac{2\gamma^2}{N_o} \int_{-\infty}^{\infty} |S(f)e^{j2\pi f iT_b}|^2 df$$

It has been established that the optimum receiver can be realized as in Figure 2. Now you need to develop the optimum receiver for a PSK system that transmits 100 kbit/s and uses a signal with peak amplitude of 0.1 volt. By the time the signal arrives at the receiver, its voltage is only 30% of the transmitted voltage. The average normalized power spectral density of noise at the input of the receiver is  $1.6 \times 10^{-9} \frac{\text{volts}^2}{\text{Hz}}$ . If the receiver is perfectly synchronized, find the expression for the probability of bit error and determine its value.

*Telah diketahui bahawa penerima optima dapat direalisasikan seperti dalam Rajah 2. Sekarang anda perlu untuk membangunkan penerima optima untuk sistem PSK yang menghantar 100 kbit/s dan menggunakan isyarat dengan puncak amplitud 0.1 volt. Apabila isyarat tiba pada penerima, voltan adalah hanya 30% daripada voltan yang dihantar.*

*Purata penormalan ketumpatan kuasa hingar pada masukan kepada penerima adalah  $1.6 \times 10^{-9} \frac{\text{volts}^2}{\text{Hz}}$ . Jika penerima adalah betul-betul serentak, dapatkan ungkapan bagi kebarangkalian ralat bit dalam jangka panjang dan menentukan nilainya.*

(20 marks/markah)

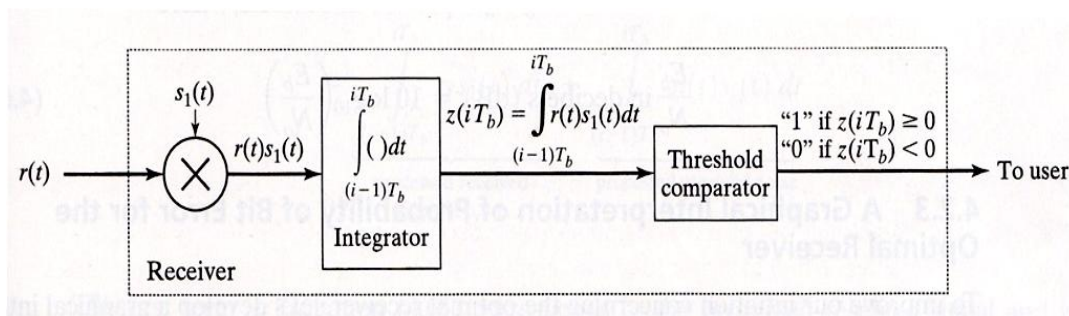


Figure 2: An equivalent design of optimum receiver (the correlation receiver)

*Rajah 2: Reka bentuk yang menyamai optima penerima-penerima korelasi*

3. (a) A source sequence produces  $b_i = \{1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\}$  which is modulated using Amplitude Shift Keying (ASK) scheme. The modulated signal is transmitted via a bandpass channel for bit rate of 100 kbits/s and the carrier frequency  $f_c = 400\text{kHz}$ .

*Satu urutan sumber menghasilkan  $b_i = \{1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\}$  yang dimodulatkan menggunakan skema Kekuncian Anjakan Amplitud (ASK). Stesyen ini dihantar melalui saluran laluanlulus untuk kadar bit 100 kbit/sec dan frekuensi pembawa  $f_c = 400\text{kHz}$ .*

You need to design a simple optimum receiver for binary Amplitude Shift Keying (ASK) with accuracy is **AT LEAST** 95%. The average normalized power spectral density  $G_{ASK}(f)$  as shown in Appendix B. Table 1 summarizes the information about the system.

*Anda perlu untuk mereka bentuk penerima optima mudah untuk Kekuncian Anjakan Amplitud binari (ASK) dengan ketepatan adalah **SEKURANG-KURANGNYA** 95%. Purata penormalan ketumpatan kuasa adalah seperti ditunjukkan di Lampiran B. Jadual 1 adalah ringkasan maklumat tentang sistem.*

Table 1: Information for ASK transmission and optimum receiver design

*Jadual 1: Maklumat untuk penghantaran ASK dan reka bentuk penerima optima*

Source sequence	$b_i = \{1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 1\}$
Bit rate	100 kbits/s
Carrier frequency $f_c$	400 kHz
Minimum accuracy	95%



In order to help the design, it is better to find out the key components of the system as follows;

*Dalam usaha untuk membantu reka bentuk, ia adalah lebih baik untuk mengetahui komponen utama sistem seperti berikut;*

- (i) Draw the corresponding time domain ASK modulated signal  $s_{ASK}(t)$   
*Lakarkan domain masa sepadan isyarat ASK termodulat  $s_{ASK}(t)$*
- (ii) Calculate the minimum bandwidth of bandpass channel.  
*Kira lebar jalur minimum penuras laluan jalur.*
- (iii) Determine the lower and upper frequencies of the bandpass channel.  
*Tentukan frekuensi rendah dan atas saluran laluan jalur.*

(50 marks/markah)

- (b) The ASK optimum receiver design requires two important parameters. Derive the following;

*Reka bentuk penerima optima isyarat ASK memerlukan dua parameter penting. Terbitkan yang berikut;*

- (i) Probability of bit error ( $P_{b,ASK}$ )  
*Kebarangkalian ralat bit ( $P_{b,ASK}$ )*
- (ii) Optimum threshold ( $\tau_{opt}$ )  
*Takat optima ( $\tau_{opt}$ )*

(30 marks/markah)

- (c) Now you need to develop the optimum receiver for an ASK system that transmits 100 kbits/s and uses a signal with peak amplitude of 0.1 volt. By the time the signal arrives at the receiver, its voltage is only 30% of the transmitted voltage. The average normalized power spectral density of noise at the input to the receiver is  $1.6 \times 10^{-9} \frac{\text{volts}^2}{\text{Hz}}$ . If the receiver is perfectly synchronized, determine the probability of bit error value.

*Sekarang anda perlu untuk membangunkan penerima optima untuk sistem ASK yang menghantar 100 kbits/s dan menggunakan isyarat dengan puncak amplitud puncak 0.1 volt. Apabila isyarat tiba pada penerima, voltan adalah hanya 30% daripada voltan yang dihantar. Purata penormalan ketumpatan kuasa hingar pada masukan kepada penerima adalah  $1.6 \times 10^{-9} \frac{\text{volts}^2}{\text{Hz}}$ . Jika penerima adalah betul-betul segerak, tentukan nilai kebarangkalian ralat bit.*

(20 marks/markah)

4. (a) Table 4.1 illustrates the definition of prefix-condition code. By using this table, describe the meaning of prefix-condition code with an example to differentiate the prefix-condition code from non-prefix code.

*Jadual 4.1 menunjukkan tentang kod berkeadaan prefix. Dengan menggunakan jadual yang sama, terangkan maksud kod berkeadaan prefix dengan menggunakan satu contoh untuk membezakan kod berkeadaan prefix dengan kod biasa.*

(20 marks/markah)

Table 4.1  
Jadual 4.1

Source Symbol	Probability of Occurrence	Code I	Code II	Code III
S0	0.5	0	0	0
S1	0.25	1	10	01
S2	0.125	00	110	011
S3	0.125	11	111	0111

- (b) Consider a random message,  $V$  with 7 possible symbols having the following probabilities:

*Satu mesej rawak dengan 7 simbol mempunyai kebarangkalian seperti tertera di bawah:*

$$P1 = 0.35; \quad P2 = 0.3; \quad P3 = 0.15; \quad P4 = 0.05;$$

$$P5 = 0.05; \quad P6 = 0.05; \quad P7 = 0.05.$$

Generate two different possible codes using Huffman and Shannon-Fano coding methods. Compare the average codeword length for both coding. What does the comparison tells you about their own coding capabilities.

*Hasilkan dua kod yang berbeza dengan menggunakan kaedah kod Huffman dan Shannon-Fano. Bandingkan panjang purata katakod bagi kedua-dua kod tersebut. Apakah kesimpulan yang boleh dibuat daripada perbandingan ini dari segi kemampuan kod tersebut.*

(30 marks/markah)

- (c) In total there are 6 different possible designs of a Shannon-Fano code for the random message given in 4(b). Design all of them and compare their performances. Which design do you think is the best and why?

*Secara keseluruhan terdapat 6 reka bentuk yang boleh dihasilkan daripada kod Shannon-Fano untuk mesej rawak di dalam 4(b). Reka kesemua reka bentuk tersebut dan bandingkan prestasi mereka. Reka bentuk manakah yang terbaik dan nyatakan sebabnya.*

(50 marks/markah)

5. (a) In your own words, describe linear block codes with an example by stating the block length and number of message bits.

*Mengikut kefahaman sendiri, terangkan maksud kod blok linear dengan menggunakan satu contoh untuk menunjukkan panjang blok dan nombor bit mesej.*

(10 marks/markah)

- (b) Consider a family of  $(n,k)$  linear block codes that has the following parameters:

*Satu kod blok linear  $(n,k)$  mempunyai parameter seperti berikut:*

Block length,  $n = 2^m - 1$

*Panjang blok,  $n = 2^m - 1$*

Number of message bits,  $k = 2^m - m - 1$

*Nombor bit mesej,  $k = 2^m - m - 1$*

Number of parity bits,  $m = n - k$

*Nombor bit kesetaraan,  $m = n - k$*

where  $m \geq 3$ .

*di mana  $m \geq 3$*

- (i) Identify this code and provide the values of  $n$ ,  $k$  and the corresponding  $m$ .

*Kenal pasti kod ini dan nyatakan nilai  $n$ ,  $k$  dan  $m$ .*

(10 marks/markah)

- (ii) By using the code identified in 5b(i), generate a decoding table which contains the syndrome and error pattern for,

*Dengan menggunakan kod yang dikenalpasti di 5b(i), hasilkan jadual penyahkodan di mana turut mengandungi sindrom dan corak ralat bagi,*

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(50 marks/markah)

- (c) Consider the (7,4) cyclic code generated by  $g(x) = 1 + x + x^3$ . Design the encoder circuit so that the message,  $m = (1011)$  can be encoded. Identify the changes in the encoder circuit if the parity polynomial is used instead. Reconstruct the circuit in order to accommodate this.

*Dengan menggunakan kod berkitar (7,4) yang dihasilkan oleh  $g(x) = 1 + x + x^3$ , reka litar pengekod supaya mesej,  $m = (1001)$  dapat dikodkan. Kenalpasti perubahan di dalam litar pengekod jika polynomial kesetaraan digunakan sebaliknya. Bina semula litar tersebut bagi kaedah ini.*

(30 marks/markah)

6. (a) Describe the following two code parameters; minimum distance and code rate. Show the relationship between minimum distance and error control capability.

*Terangkan tentang jarak minima dan kadar kod. Tunjukkan kaitan antara jarak minima dengan kebolehan kod ralat.*

(20 marks/markah)

- (b) (i) In your own words, describe what you know from the coding scheme called the weighted code.

*Menggunakan penerangan sendiri, jelaskan kefahaman anda tentang kod pemberat.*

(10 marks/markah)

- (ii) The International Standard Book Number (ISBN) is usually a 10-digits code used to identify a book uniquely. A typical example of the ISBN is as follows:

*Nombor ISBN selalunya merupakan 10-digit kod digunakan untuk mengenalpasti sesuatu buku secara unik. Satu contoh ISBN adalah seperti berikut:*

0 – 52 17 – 4848 – 6

Where hyphens do not matter and may appear in different positions. Check whether this ISBN number is valid.

*Di mana hyphen tidak penting dan boleh diletakkan di pelbagai kedudukan. Semak kesahihan nombor ISBN ini.*

(20 marks/markah)

- (c) (i) Design a Hamming code for protecting a 10-bit message word. Show the position of the parity bits in the code and bits included in the parity check for each parity bit.

*Rekakan kod Hamming untuk melindungi 10-bit kod mesej. Tunjukkan kedudukan bit kesetaraan di dalam kod dan bit yang terdapat di dalam kesemakan kesetaraan bagi setiap bit kesetaraan.*

(20 marks/markah)

- (ii) A message 1101001111 transmitted after coding with the Hamming code from 6c(i). Find the parity bits. If the received code has error in location  $k_{10}$  show how it is detected and located by the parity bits.

*Mesej 1101001111 dihantar selepas dikodkan oleh kod Hamming dari 6c(i). Carikan bit kesetaraan bagi mesej ini. Jika kod yang diterima mempunyai ralat pada kedudukan  $k_{10}$  tunjukkan bagaimana ralat ini bersama-sama kedudukannya dapat dikesan oleh bit kesetaraan.*

(30 marks/markah)

ooo0ooo